青海省海晏县放牧牦牛体重及血清生化指标的全年监测

范小红[1,2,3]　杨得玉[1,2,3]　郝力壮[1,2,3*]　刘书杰[1,2,3*]　柴沙驼[1,2,3]　牛建章[1,2,3]　王　迅[1,2,3]

（1.省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室，青海省高原放牧家畜动物营养与饲料科学重点实验室，西宁 810016；2.青海高原牦牛研究中心，西宁 810016；3.青海大学畜牧兽医科学院，西宁 810016）

摘　要：本试验旨在探明青海省主要牦牛饲养区-海晏县牦牛的营养状况，为制定添补措施提供科学依据。于 2015-09—2016-08 跟踪测定了青海省海晏县牧户草场天然牧草产量以及牦牛干物质采食量、体重和血清生化指标，同时分析平均日增重与血清生化指标的相关性。结果表明：天然牧草可食草产量 7 月份高于其他月份；春季牦牛干物质采食量显著高于秋、冬季（$P<0.05$），秋季显著低于其他季节（$P<0.05$）；1 月份、2 月份、3 月份、10 月份、11 月份、12 月份牦牛平均日增重呈现负增长，4 月份后逐渐上升，6 月份、7 月份显著高于其他月份（$P<0.05$）;血清 GLU 的含量 7 月份显著高于除 6 月份、10 月份外的其他月份（$P<0.05$）；2 月份、3 月份血清尿素氮（UN）含量及碱性磷酸酶（ALP）活性低于其他月份；由相关性分析可知，平均日增重与血清 UN 含量呈显著的正相关（$P<0.05$）。综合得出，青海省海晏县 10 月份至次年 3 月份为饲草供给不足，牦牛平均日增重呈现负增长，4 月份后平均日增重逐渐上升，因此，建议轮牧的放牧形式下，10 月份至次年 3 月份，采用天然草场配合补饲饲料的饲养方式。

关键词:海晏县；牦牛；干物质采食量；平均日增重；血清生化指标；变化动态

中图分类号：S823

牦牛是海拔 3 000 m 以上区域繁衍的唯一牛种。牦牛在我国主要分布在以青海省、西藏自治区的高原山地为中心，及其毗邻的高山、亚高山地区，属于草食性反刍家畜。因牦牛对草原的寒冷、氧气缺乏、草料匮乏等恶劣生存环境的适应能力强而成为高寒牧区中不可替代

收稿日期：2017-03-30

基金项目：国家自然科学基金（31660673）；国家重点研发计划（2016YFD0500504-4）；国家国际科技合作专项项目（2015DFG31870）；国家重点基础研究发展计划（973 项目）（2012CB722906）；青海省重大科技平台建设项目（2013-Z-Y03）

作者简介：范小红（1992—），女，甘肃定西人，硕士研究生，研究方向为饲草料营养价值评价。E-mail： 1642246477@qq.com

*通信作者：郝力壮，副研究员，E-mail: lizhuanghao1122@foxmail.com；刘书杰，研究员，硕士生导师，E-mail： mkylshj@126.com

的生产生活资料和支柱产业[1]。但由于养殖方式及牧民思想的落后，牦牛难以满足营养需求，特别是冷季，牦牛体重甚至出现负增长，加上牦牛本身的生产性能就不高，导致牦牛品种退化，生长周期长等问题的出现，这些问题严重阻碍了牦牛业的发展，也使得牧区经济发展处于迟缓状态[2]。对牦牛血液指标方面的报道较多,如：卢福山等[2]对青海高原型牦牛 8 项血液指标的测定，李莉等[3]对互助白牦牛 14 项血清生化指标的测定及钟光辉等[4]对九龙牦牛血液生理生化指标的测定，而针对我国青海牦牛主要产区之一的青海省海晏县牦牛血液指标方面的研究报道鲜少。近年来，随着化学分析技术的不断提高，家畜的营养状况及畜禽早期选种都可通过测定血液中部分指标进行评估[5]。鉴于此，本试验对青海省海北州海晏县哈勒景乡牧户草场 3 周岁牦牛体重及血清生化指标的变化进行跟踪测定，以期为牦牛饲养及实际生产中制定针对牦牛的添补措施提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验地点简介

青海省海北州海晏县哈勒景乡牧户草场，地理坐标东经 100°23′~101°20′，北纬 36°44′~37°39′，位于青海湖盆地东北部，祁连山系大通山脉的西南麓。日照时间长，昼夜温差大，年平均气温低，试验期间牧户草场温度、湿度记录见表 1，由于海拔高度相对差别大，且冬春降水少、夏秋降水多，受地形地貌以及气候条件的制约，使热、水、植被、土壤等自然因子具有明显的水平差异和垂直分布，同时也决定着草地植被的类型分布。该地草地以高山嵩草(*Kobresia pygmea*)为优势种，伴生种有草地早熟禾(*Poa crymophila*)、矮嵩草(*Kobresia humilis*)、紫花针茅（*Stipa purpurea*）、异针茅(*Stipa aliena*)、芨芨草（*Achnatherum splendens*）、珠芽蓼（*Polygonum viviparum* L.）、条叶垂头菊(*Cremanthodium lineare*)、鹅绒萎陵菜(*Potentilla anserina*)、裸果扁穗苔草(*Blysmocarex nudicarpa*)、马蔺草（*Iris ensata* T.）等。属典型高山地貌，海晏县绝大部分地区在海拔 3 000 m 以上，县城海拔 3 010 m[6]。

表 1 试验期间温度、湿度情况

Table 1 Temperature and humidity conditions during the test

时间 Time	温度 Temperature/℃	湿度 Humidity/%
2015-09	8.05±1.00	46.26±10.16
2015-10	3.33±0.76	59.48±15.14
2015-11	-2.49±5.46	53.88±11.72
2015-12	-10.75±2.75	43.25±11.18

2016-01	-18.00±2.03	38.00±13.45
2016-02	-5.50±1.96	26.00±15.17
2016-03	2.38±2.06	44.38±18.99
2016-04	6.69±1.02	46.34±17.19
2016-05	10.67±2.33	65.00±21.02
2016-06	12.17±0.71	69.42±19.08
2016-07	19.25±0.93	73.23±18.26
2016-08	14.73±2.86	66.09±16.91

1.2　试验时间及试验动物

试验进行时间为 2015-09—2016-08，选取 6 头健康、体况接近，年龄为 3 周岁左右的阉牦牛，试验牦牛以天然草场放牧为主，自由采食，不添加任何补饲饲料，一年放牧以轮牧制进行，即冬季牧场和夏季牧场轮牧，如图 1 所示。试验期间观察记录牧草生长状况和放牧牦牛的采食及运动情况，放牧时间依照当地牧民习惯，夏季每天 07：00—19：00，冬季每天 08：00—18：00，自由饮水。

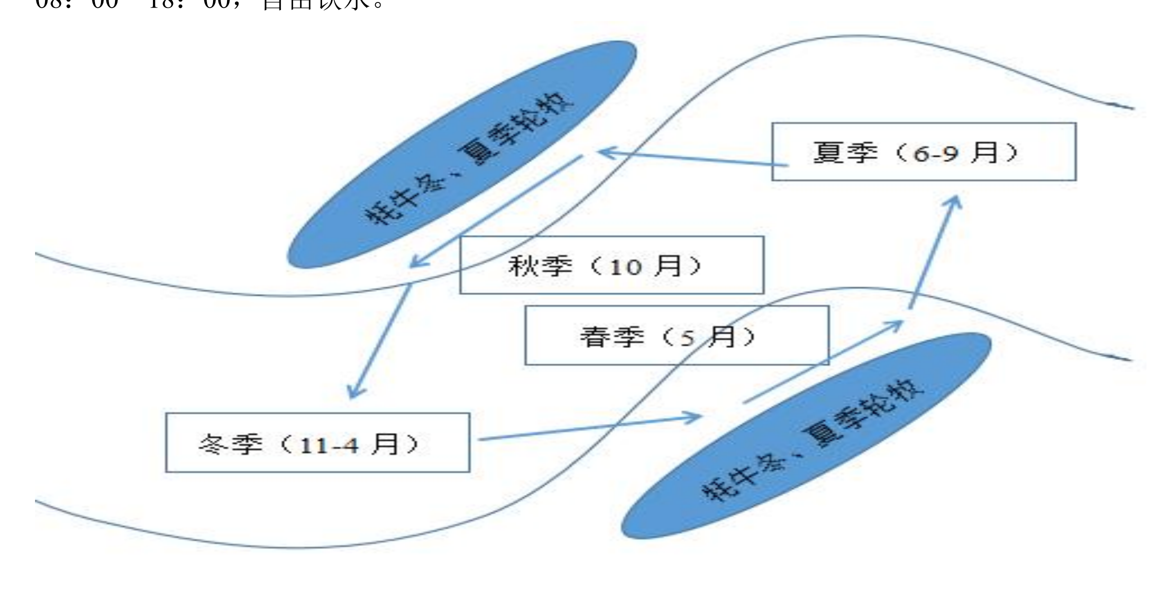


图 1　牦牛轮牧示意图

Fig.1　Schematic diagram of yak rotation grazing

1.3　测定指标与方法

1.3.1　干物质采食量

采用 4 mol/L-酸不溶灰分（AIA）法测定放牧干物质采食量，2015-09—2016-08 采集牧草样和粪样，所有试验动物早晨出牧前戴粪袋，之后出牧，期间每 2 h 收集 1 次粪样，粪样收集后立即给试验动物重新戴好粪袋，收集的粪样立即称重，从第 1 天戴好粪袋出牧到第 2 天出牧前收集的粪样为 1 d 的粪样，每月连续收粪 5 d。收粪期内采集牧草样，跟踪观察牦

牛采食地点并采集牧草样，牧草样和粪样分析 AIA 含量。根据以下公式计算干物质采食量：

$$I=(F\times FAIA/GAIA)\times D。$$

式中：I 为干物质采食量（kg/d）；F 为每日排粪量(kg/d)；$FAIA$ 为粪样中 AIA 的含量(%)；$GAIA$ 为牧草样中 AIA 的含量(%)；D 为牧草样的干物质含量(%)。

1.3.2 体重

2015-09—2016-08 中每月的 24、25 日，于晨饲前对全体试验牦牛进行称重，称重前将电子称放平，去皮，将牦牛赶上电子称后，确保牦牛的身体不与电子称 4 周的围栏接触，读取示数，每次称重都连续 2 d 清晨称取，求取 2 天的平均值。

1.3.3 血清生化指标

2015-09—2016-08 中每月的 24、25 日，于晨饲前对全体试验牦牛进行颈静脉采血，每头牛采集血液 20 mL，置于分离胶管中，立即带回海北高原现代生态畜牧业科技试验示范园实验室，采用离心机（湘仪高速冷冻离心机 H-1850R）离心，在 930×*g*、4 ℃的条件下离心 10 min，小心吸取上层血清分装于 1.5 mL 离心管中，分批编号，-20 ℃保存待测。采样地地处祁连山系大通山脉的西南麓，海拔 3 000~3 500 m，每次采样均在同一牧户家进行。

血清生化指标包括葡萄糖（GLU）、甘油三酯（TG）、总胆固醇（TCh）、总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、球蛋白（GLO）、尿素氮（UN）、钙（Ca）、磷（P）含量及乳酸脱氢酶（LDH）、谷丙转氨酶（ALT）、谷草转氨酶（AST）、碱性磷酸酶（ALP）活性均采用全自动生化分析仪（贝克曼 AU5831，美国）进行测定，其中 GLU 含量采用葡萄糖己糖激酶法测定，TG 含量采用酶比色法测定，TCh 含量采用胆固醇氧化酶法测定，TP 含量采用双缩脲终点法测定，ALB 含量采用溴甲酚绿法测定，GLO 含量为 TP 和 ALB 含量的差值，LDH、ALT、AST 及 ALP 活性采用速率法测定，UN 含量采用脲酶比色法测定，Ca 含量采用偶氮砷III法，P 含量采用磷钼酸紫外终点法测定。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2007 进行初步整理，用 SAS 9.1 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA)，用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较，P<0.05 为差异显著，试验结果以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1　牧草产量

牧草产量是草地营养输出的基础，通常用鲜草产量、干草产量、可食牧草产量等指标来描述。试验期间青海省海晏县天然牧草产量如表 2 所示。由表可知，鲜草产量 7 月份最高，为 937.98 g/m^2，其次为 6 月份和 5 月份，1 月份产量最低，为 79.74 g/m^2，仅占最高产量的 8.50%；干草产量 7 月份高于其他月份，为 386.21 g/m^2；可食草产量 7 月份高于其他月份。7 月份鲜草产量是干草的 2.43 倍，可食草产量占干草产量的 88.93%，说明 7 月份草地可食牧草量大，可食性好，具有较强的营养输出潜力。

表 2　青海省海晏县天然牧草产量

Table 2　Natural grass yield in *Haiyan* county, *Qinghai* province　　g/m^2

项目 Items	鲜草 Fresh grass	干草 Hay	可食草 Edible grass
2015-09	276.46±58.30	205.15±31.90	199.50±26.45
2015-10	145.99±23.45	129.63±18.76	124.03±14.60
2015-11	128.31±30.82	123.57±24.55	113.48±19.03
2015-12	126.39±45.06	114.53±39.28	107.23±35.71
2016-01	79.74±34.76	70.72±31.45	65.02±29.01
2016-02	97.44±28.79	89.46±25.13	83.02±25.10
2016-03	119.36±46.23	113.32±43.12	108.01±40.09
2016-04	221.56±70.19	189.02±64.19	183.34±62.06
2016-05	637.98±67.43	319.48±61.32	307.15±57.19
2016-06	689.50±79.66	322.02±74.35	310.09±69.88
2016-07	937.98±179.20	386.21±97.81	343.47±93.37
2016-08	279.00±46.23	211.46±38.79	207.20±34.40

2.2　牦牛干物质采食量

试验期间海晏县天然草场放牧牦牛干物质采食量如表 3 所示。由表可知，春季放牧牦牛干物质采食量显著高于秋、冬季（P<0.05），夏季低于春季，但差异不显著（P>0.05），秋季牦牛干物质采食量显著低于其他季节（P<0.05），为 5.27 kg/d。

表 3　青海省海晏县放牧牦牛的干物质采食量

Table 3　DMI of grazing yaks in *Haiyan* county, *Qinghai* province　　kg/d

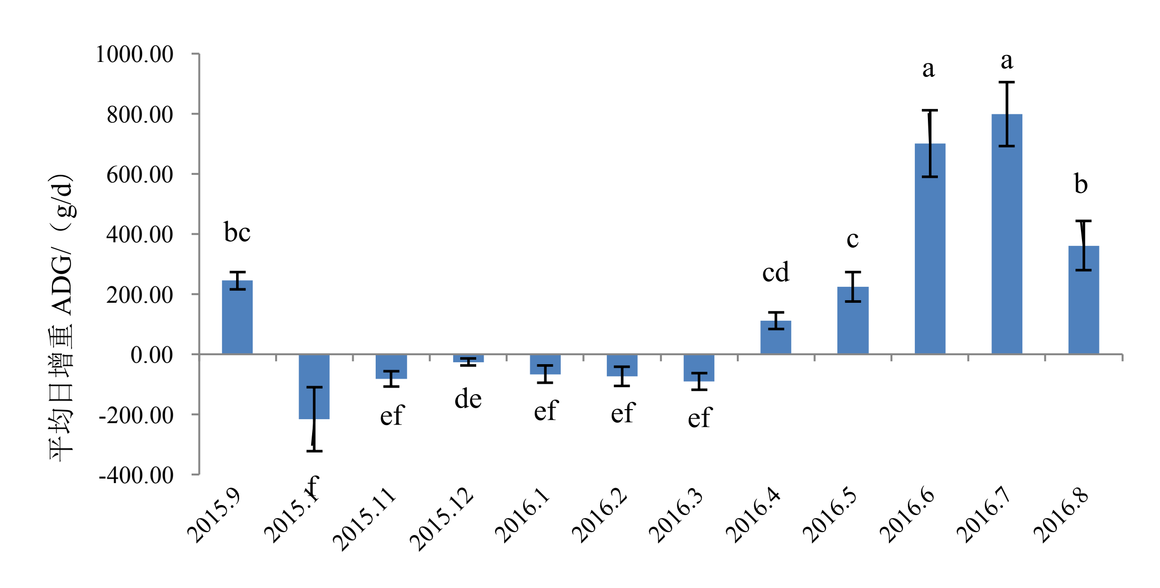
项目 Items	干物质采食量 DMI
春（5 月份） Spring （May）	7.27±0.64^{a}
夏（6—9 月份） Summer （June to September）	6.92±0.49^{ab}
秋（10 月份） Autumn （October）	5.27±0.86^{c}
冬（11—4 月份） Winter （November to April）	6.02±0.67^{bc}

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同小写字母表示差异不显著（P>0.05）。

Values in the same column with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05).

2.3 牦牛平均日增重

不同月份牦牛平均日增重如图 2 所示。由图可知，6 月份、7 月份牦牛平均日增重较高，显著高于其他月份（P<0.05）；10 月份牦牛平均日增重最低，显著低于 4 月份、5 月份、6 月份、7 月份、8 月份、9 月份和 12 月份(P<0.05)，且呈现负增长；1 月份、2 月份及 3 月份的牦牛平均日增重差异不显著（P>0.05），都呈负增长；10 月份体重显著下降(P<0.05)；9 月份至次年 8 月份牦牛的平均日增重呈现先降后升的趋势。



数据柱形标注不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同小写字母表示差异不显著（P>0.05）。

Data column with the same small letter mean no significant difference (P>0.05), while with different small letters mean significant difference (P<0.05).

图 2 不同月份放牧牦牛的平均日增重

Fig.2 ADG of grazing yaks in different months

2.4 牦牛血清生化指标

牦牛血清生化指标如表 4 所示。由表可知，血清 TCh 含量 10 月份显著低于其他月份（P<0.05），血清 GLU 的含量 7 月份显著高于除 6 月份、10 月份外的其他月份（P<0.05）；血清 TG 含量 1 月份的最高，显著高于 2 月份、5 月份、6 月份、10 月份（P<0.05）；血清 TP 含量 5 月份最低，但各月份间差异不显著（P>0.05）；血清 ALB 含量 8 月份和 9 月份显

著高于除 7 月份以外的其他月份（$P<0.05$）；血清 GLO 含量 10 月份显著高于其他月份（$P<0.05$）；血清 LDH 活性 2 月份显著低于 7 月份、8 月份、9 月份、10 月份、11 月份、12 月份（$P<0.05$）；血清 ALT、AST 活性 8 月份最高，8 月份血清 ALT 活性显著高于 3 月份、4 月份、5 月份、6 月份、10 月份（$P<0.05$），8 月份血清 AST 活性显著高于 1 月份、2 月份、3 月份、4 月份、5 月份、11 月份、12 月份（$P<0.05$）；血清 ALP 活性 10 月份显著高于除 6 月份、7 月份、11 月份外的其他月份（$P<0.05$），3 月份最低；血清 UN 含量 3 月份显著低于除 11 月份外的其他月份（$P<0.05$），9 月份显著高于其他月份（$P<0.05$）；血清 Ca 含量 1 月份显著高于除 8 月份、10 月份、11 月份外的其他月份（$P<0.05$）；血清 P 含量 6 月份、9 月份、10 月份显著高于其他月份（$P<0.05$）。

2.5 牦牛平均日增重与血清生化指标的相关性

牦牛平均日增重与血清生化指标的相关性分析如表 5 所示，由表可知，平均日增重与血清 UN 含量呈显著正相关（$P<0.05$），与其他指标均无显著相关性（$P>0.05$）；血清 UN 含量与血清 AST 活性及 TP、ALB 含量呈显著正相关（$P<0.05$）；血清 TP 含量与血清 AST 活性、GLO 含量呈极显著正相关（$P<0.01$），而血清 GLO 含量与血清 P 含量呈极显著正相关（$P<0.01$）。

表 4　不同月份放牧牦牛血清生化指标

Table 4　Serum biochemical indicators of grazing yaks in different months

目 Items	2015-09	2015-10	2015-11	2015-12	2016-01	2016-02	2016-03	2016-04	2016-05	2016-06	2016-07	2016-08
丙转氨酶 .T/(U/L)	43.00±27.5^{ab}	29.33±5.82^{b}	37.17±7.47^{ab}	39.17±10.46^{ab}	41.67±10.29^{ab}	36.33±17.14^{ab}	31.67±7.09^{b}	32.17±5.91^{b}	28.83±3.87^{b}	34.00±6.48^{b}	42.67±9.93^{ab}	51.20±11.1
草转氨酶 .T/(U/L)	85.17±25.5^{ab}	84.00±13.24^{ab}	69.00±7.72^{cb}	64.33±6.02^{c}	62.83±4.92^{c}	58.83±17.50^{c}	65.83±8.50^{c}	62.33±11.33^{c}	57.00±6.66^{c}	73.67±4.80^{abc}	86.33±19.94^{ab}	89.8±15.30
性磷酸酶 .P/(U/L)	121.5±26.85^{bcd}	156.00±26.36^{a}	145.00±24.89^{ab}	110.33±29.86^{cde}	105.00±26.59^{cde}	92.50±43.81^{de}	82.50±16.20^{e}	97.17±17.39^{cde}	117.33±20.73^{bcd}	145.00±20.31^{ab}	127.83±25.70^{abc}	120±16.79^{b}
蛋白 /(g/L)	78.47±4.73	78.43±5.84	71.68±5.76	69.78±3.44	67.12±3.21	69.53±5.70	64.80±3.26	63.68±2.73	61.18±12.91	69.12±2.72	77.78±2.86	77.60±0.97
蛋白 .B/(g/L)	41.08±2.46^{a}	32.90±0.71^{cd}	34.45±2.00^{bcd}	34.22±2.99^{bcd}	36.02±2.97^{bc}	34.27±4.46^{bcd}	30.47±3.24^{de}	30.02±1.58^{de}	27.17±7.43^{e}	32.42±2.50^{cd}	37.70±3.00^{ab}	40.64±3.09
蛋白 .O/(g/L)	37.38±4.93^{bc}	45.53±6.27^{a}	37.22±4.71^{bc}	35.57±3.28^{bcd}	31.10±3.68^{d}	35.27±4.48^{bcd}	34.33±3.05^{bcd}	33.67±3.12^{cd}	34.02±6.07^{cd}	36.70±3.94^{bcd}	40.08±4.24^{b}	36.96±3.59^{b}
酸脱氢酶 H/(U/L)	883.67±64.09^{abc}	1 010.17±126.45^{a}	1051.17±96.35^{a}	866.00±86.37^{abc}	837.33±69.21^{abcd}	660.17±47.19^{d}	743.50±43.38^{cd}	753.17±94.27^{cd}	713.00±46.28^{cd}	807.33±52.31^{bcd}	864.00±118.05^{abc}	965.8±134.5
素氮 I/(mmol/L)	11.28±1.26^{a}	7.06±1.76^{cd}	5.12±0.59^{ef}	6.04±0.92^{de}	6.13±1.04^{de}	8.26±0.83^{bc}	3.56±1.13^{f}	5.27±1.12^{e}	6.28±1.03^{ed}	9.70±1.54^{b}	9.09±1.03^{b}	8.90±0.81
萄糖 .U/(mmol/L)	3.91±0.84^{bc}	4.58±0.47^{ab}	4.16±0.14^{bc}	4.53±0.69^{abc}	3.93±0.39^{bc}	3.87±0.36^{c}	3.96±0.37^{bc}	4.02±0.45^{bc}	4.15±0.33^{bc}	4.51±0.42^{abc}	4.93±0.60^{a}	4.11±0.46^{b}
/(mmol/L)	2.42±0.08^{bc}	2.48±0.10^{ab}	2.50±0.09^{ab}	2.41±0.11^{bcd}	2.59±0.11^{a}	2.27±0.17^{cde}	2.26±0.23^{de}	2.29±0.07^{cde}	2.26±0.09^{de}	2.28±0.05^{cde}	2.20±0.08^{e}	2.46±0.10^{a}
P/(mmol/L)	2.57±0.37^{a}	2.88±0.90^{a}	2.00±0.38^{b}	2.02±0.35^{b}	1.88±0.33^{b}	2.03±0.18^{b}	2.09±0.24^{b}	1.87±0.33^{b}	1.73±0.22^{b}	2.67±0.19^{a}	2.06±0.46^{b}	2.01±0.41

胆固醇 h/(mmol/L)	3.32±0.40[a]	1.94±0.31[f]	2.58±0.35[cde]	2.53±0.25[de]	2.91±0.33[bcd]	2.98±0.33[abc]	2.79±0.24[bcd]	2.72±0.31[bcde]	2.73±0.24[bcde]	2.32±0.21[e]	2.95±0.34[abc]	3.05±0.40[a]
油三酯 /(mmol/L)	0.42±0.08[abcd]	0.25±0.10[d]	0.42±0.15[abcd]	0.35±0.12[abcd]	0.53±0.13[a]	0.29±0.11[cd]	0.36±0.17[abcd]	0.46±0.16[abc]	0.30±0.03[cd]	0.34±0.01[bcd]	0.38±0.18[abcd]	0.49±0.23[a]

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同小写字母表示差异不显著（P>0.05）。

Values in the same row with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05).

表 5　不同月份牦牛平均日增重及血清生化指标间的相关系数

Table 5　Correlation coefficient of ADG and serum biochemical indicators of yaks in different months

项目 Items	平均日增重 ADG	谷丙转氨酶 ALT	谷草转氨酶 AST	碱性磷酸酶 ALP	总蛋白 TP	白蛋白 ALB	球蛋白 GLO	乳酸脱氢酶 LDH	尿素氮 UN	葡萄糖 GLU	钙 Ca	磷 P	总胆固醇 TCh	甘油三酯 TG
平均日增重 ADG	1.000	0.337	0.443	0.458	0.231	0.169	0.092	-0.071	0.621*	0.501	-0.494	0.085	0.197	0.105
谷丙转氨酶 ALT		1.000	0.547	0.072	0.574	0.609*	-0.070	0.358	0.494	-0.023	0.348	-0.136	0.711**	0.648*
谷草转氨酶 AST			1.000	0.585*	0.906**	0.512	0.696*	0.649*	0.620*	0.427	0.169	0.570	0.174	0.123
碱性磷酸酶 ALP				1.000	0.547	0.215	0.654*	0.625*	0.527	0.637*	0.195	0.604*	-0.441	-0.195
总蛋白 TP					1.000	0.702*	0.748**	0.685*	0.645*	0.393	0.299	0.580*	0.203	0.014
白蛋白 ALB						1.000	0.227	0.357	0.596*	0.095	0.315	0.331	0.563	0.277
球蛋白 GLO							1.000	0.592*	0.335	0.630*	0.037	0.719**	-0.407	-0.508
乳酸脱氢酶 LDH								1.000	0.104	0.342	0.667*	0.376	-0.179	0.208
尿素氮 UN									1.000	0.201	-0.068	0.488	0.344	-0.021
葡萄糖 GLU										1.000	-0.229	0.323	-0.461	-0.358
钙 Ca											1.000	0.125	-0.017	0.453
磷 P												1.000	-0.328	-0.405
总胆固醇 TCh													1.000	0.598*

甘油三酯 TG	1.000

*表示显著相关（P<0.05），**表示极显著相关（P<0.01）。

* indicates significant correlation (P<0.05)， and ** indicates significant correlation (P<0.01)..

3 讨 论

3.1 不同月份天然牧草产量

天然牧草产量受牧草的生长规律、地域气候等因素影响[7-9]。试验地点位于青藏高原高寒牧区，4 月底 5 月初牧草开始返青，牧草产量增长速度较快，由于试验以轮牧方式放牧，5 月份的牧草产量相对 4 月份增长较快，随着青藏高原雨季的到来，牧草生长受水热条件的影响逐渐增大，天然牧草产量的增长速度减慢，7 月份牧草产量达到最大，9 月份后，牧草逐渐枯黄，牧草的生物量积累呈现负值，牧草产量下降。杜雪燕等[10]测定了青海省河南县天然牧草青草期干草产量为 273.5 g/m^2；许涛等[11]测定了甘肃省甘南藏族自治州玛曲县高寒草甸草地青草期干草产量为 228.2 g/m^2，均低于 7 月份最高牧草干草产量结果(386.21 g/m^2)；朱新书等[12]研究发现，甘肃省甘南藏族自治州临潭县的亚高山草原牧草产量 6 月份、8 月份鲜草产量分别为 399.16、639.63 g/m^2，与本研究结果相比，6 月份较低，8 月份较高，这可能与试验地气候及当时牧草返青的时间等因素有关。

3.2 放牧牦牛干物质采食量

采食量与体重紧密相关，放牧条件下的采食量不仅受试验动物体格、体况的影响[13]，还受牧草品质、牧草产量及环境应激的影响，动物反刍咀嚼速度、咀嚼次数及牦牛活动量（如游走时间、采食时间、站立时间、卧息时间）对采食量也有一定影响[14-15]。在青藏高原特殊的环境下，一般 4 月底或 5 月初牧草开始返青，进入春季，夏季天然牧草营养物含量高、牧草嫩绿，牧草的含氮量最高，而随季节变化牧草的含氮量递减[16]，9 月份后牧草开始逐渐枯黄，10 月份过后，进入冬季。由此可推论牦牛的最大采食量应该发生在夏季，最低采食量应该在冬季。但这一推论与试验结果矛盾。试验结果表明，春季采食量最大，冬季采食量却并非最低且高于秋季。这可能是由于冬季牦牛处于低温严寒状态致使能量支出加剧，客观上必须有足够的采食量才能满足能量需求以维持正常体温，Revell 等[17]报道家畜在低温下的采食量相较高温有所提高。在祁连山系西南麓，一年季节之分不明显，冬、夏季漫长，在冬季，牦牛为抵抗寒冷维持体温需增加能量，因此，冬季牦牛采食量增加。本试验中，春季干物质采食量高于夏、秋季，这也是牦牛长期对恶劣生存环境的适应。薛白等[18]研究表明，青藏高原天然草场放牧家畜的采食量春季最大，本试验结果与其一致，研究同时表明，冬季总是仅次于春季且高于夏、秋季，这与本试验结果有一定出入。有结果表明，体况差的要比体况

好的动物采食较多的中高品质的牧草即补偿采食行为[19-20]。本试验中，冬季气温较低使牦牛的能量支出增加，体况较暖季差，冬季牦牛牧草采食量高于秋季也符合补偿采食原则。秋季牧草采食量低则不能归因于环境温度，这可能是由于轮牧时草场不同，牧草品质差异造成的，秋季牧草纤维素和木质素含量增加，牦牛暂时难以忍受牧草品质降低，因此不愿采食。

3.3　不同月份放牧牦牛平均日增重的变化

在青藏高原特殊极端草地生态及原始放牧管理环境下，牦牛的生长性能随当地的季节牧草变化而变化，牦牛体重一般出现“春乏、夏壮、秋肥、冬瘦”的变化规律。因此，在冷季，牦牛的体重都呈现出负增长。据统计，牦牛从出生到历经 4 个冬季后，其累计体重损失约为 2 头牦牛的净肉重，而随着牦牛年龄的增长这种现象会不断加剧，这不仅阻碍了牦牛的生长也推迟了牦牛的出栏时间[21]。本研究结果显示，青海省海晏县牦牛的全年平均日增重都呈现出相似的规律的变化，即从 10 月份至次年 3 月份，试验牦牛平均日增重整体呈下降趋势，4 月份后平均日增重开始上升。由于整个试验期牦牛是纯放牧形式，且冬、夏季牧场轮牧，6 月份、7 月份牦牛平均日增重显著高于其他月份。韩兴泰等[22]研究表明，在海拔为 2 261 m 下的 3 岁牦牛为了自身营养需求其基础代谢需要随温度的降低而增加，因此试验中 10 月份、11 月份、12 月份、1 月份、2 月份、3 月份的牦牛基础代谢需要随温度的降低相应增加，这就意味着牦牛用于增重的能量随之减少。本试验中，牦牛从 9 月份至 10 月份，平均日增重突然下降，这可能与温度突然下降及草场牧草进入枯萎期及牦牛采食量下降有关。因为试验牦牛在纯放牧条件下，试验初经过 9 月份 1 个月牦牛适应了环境温度，但进入 10 月份后，海晏县进入降雪季，环境温度急剧下降，特别是 10 月份称重前后温度下降，且草地牧草逐渐枯萎，牧草中纤维素和木质素含量增加，牦牛牧草采食量下降，因此试验牦牛对环境产生了强烈的应激反应，不愿采食，造成平均日增重急剧下降；从 11 月份至 12 月份，牦牛的平均日增重出现上升，这说明牦牛已经适应了较之前寒冷的环境，加之牦牛自身较强的耐寒能力，平均日增重有所回升；1 月份、2 月份、3 月份环境温度逐步下降，有时可降至-10 ℃以下，草场牧草干枯，平均日增重进一步降低，甚至为负值；4 月份之后，气温开始回升，牦牛采食增多，牦牛平均日增重开始增长。

3.4　不同月份放牧牦牛血清生化指标的变化

GLU 对机体组织器官的生理功能的维持是极其重要的，是能量的主要来源，血清 GLU

含量不仅能够反映动物对碳水化合物的吸收能力，同时能够反映机体所处的生理状态，是动物自身对 GLU 吸收、代谢及转运平衡的反映。本试验中，血清 GLU 含量为 3.87~4.93 mmol/L，7 月份最高，2 月份最低，说明 2 月份牦牛对碳水化合物的消化代谢能力相较 7 月份有所下降。在整个试验阶段，全年牦牛血清 GLU 含量呈现稳定走势，从 9 月份至次年 2 月份，基本呈现先升后降的趋势，这可能是动物通过糖异生等生理过程调节机体内血清 GLU 含量，使其趋于稳定。崔祥[23]的研究表明，牦牛血清 GLU 含量在 5.77~6.17 mmol/L，但此试验各季节牦牛血清 GLU 含量不在这一范围内。有研究表明，健康奶牛的血清 GLU 含量在 2.50~4.16 mmol/L[24]。本试验中，除了 6 月份、7 月份、10 月份、12 月份外，其余月份牦牛血清 GLU 含量均在这一范围，但基本均接近上限，因此推测，牦牛血清 GLU 含量高于奶牛的原因可能是此试验在纯放牧状态下，牦牛对碳水化合物的吸收能力有所下降。

TG 和 TCh 是动物体内储存能量和提供能量的重要脂类，参与动物脂代谢及能量代谢，能直接反映机体对脂肪消化利用情况[25]。景缘等[26]研究结果显示，青海大通犊牦牛的血清 TG 含量为 0.17 mmol/L，本试验结果表明，血清 TG 和 TCh 含量分别为 0.25~0.53 mmol/L、1.94~3.32 mmol/L，其血清 TG 含量高于青海大通牦牛，且本试验中 1 月份的血清 TG 含量最高，10 月份最低，10 月份较 9 月份 TG 下降，与平均日增重变化吻合。血清 TCh 含量 10 月份急速降低，与平均日增重变化吻合，其余月份基本无明显规律，这些结果可能与牧草中脂类水平有关。

血清 TP、ALB、GLO 及 UN 含量反映动物机体蛋白质消化代谢及氮利用的情况。ALB 和 GLO 构成 TP，且 ALB 含较多的氨基酸，在维持渗透压的同时分解提供能量和营养物质；GLO 对机体有免疫力及运输脂溶性维生素等作用[27]。当动物体内蛋白质合成、氮沉积增强时，血清 TP 含量会随之升高。本试验中，各月份血清 TP 含量差异不显著，但血清 ALB 含量从 9 月份至次年 2 月份逐渐降低，3 月份至 8 月份逐渐增高，这与全年平均日增重变化吻合。5 月份的血清 TP 含量最低为 61.18 g/L。血清 TP、ALB、GLO 含量分别在 61.18~78.47 g/L、27.17~41.08 g/L、31.10~45.53 g/L，该范围与李鹏等[28]研究的甘南牦牛、王敏强等[29]研究的大通牦牛结果均基本一致，均属正常范围。血清 UN 含量是反映机体氮代谢的最有效指标，也与瘤胃微生物有关。

通常，机体血清代谢库中 UN 的含量较稳定，它一般受进食氮的影响较大，当吸收进入

血液的氨基酸过多或短时间吸收大量的氨基酸而没有及时用于合成体蛋白质时，就会被分解成为 UN，同时也受机体内源氮分泌的影响，并且血清 UN 含量也反映动物蛋白质合成代谢的水平[30-31]。段迎凯等[32]研究显示，对照组牦牛血清 UN 含量为 3.87~4.07 mmol/L，与本试验血清 UN 含量 3.56~11.28 mmol/L 结果基本一致。本试验中，从 9 月份至 11 月份血清 UN 含量降低，说明 9 月份至 11 月份可能是由于牦牛转移冬季牧草及草场逐渐进入枯萎期，牦牛进食氮降低，机体对蛋白质的利用率提高，吸收进入血液的氨基酸用于合成体蛋白质，从而血清 UN 含量降低，也说明随着温度降低，牦牛迫切需要消耗自身的能量和蛋白质以抵御寒冷，而不会消耗能量合成 UN 排出体外，使 UN 含量降低。Blome 等[33]报道，血清 UN 浓度随着饲粮中粗蛋白质含量的增加而呈线性增加。本试验中，3 月份后，血清 UN 含量呈上升趋势，说明牦牛不断摄入较高水平蛋白质，造成牦牛机体对尿素的排出障碍，导致血清 UN 含量上升，9 月份达最高，也说明微生物合成蛋白质的效率降低，大部分蛋白质在瘤胃降解为氨态氮（NH_3-N），过多的 NH_3-N 被瘤胃吸收进入肝脏合成尿素，导致血清 UN 含量升高。

ALP 能水解多种类型的磷脂，与机体多种物质代谢密切相关，可反映动物机体骨细胞的活性，进而反映出动物的生长性能及生长速度。李鹏等[28]研究得出，甘南牦牛的血清 ALP 活性为 140.10 U/L。刘长英[34]研究得出，甘南藏羊血清 ALP 的含量为 150.43 U/L。本试验结果显示，牦牛血清 ALP 活性为 82.50~156.00 U/L，随时间延长，整体呈上升趋势，试验结果与李鹏等[28]、刘长英[34]的研究结果基本一致，且 3 月份后血清 ALP 活性逐渐升高，与牦牛平均日增重变化吻合。

LDH 是存在于动物机体参与糖酵解反应的重要氧化还原酶，LDH 在体内可逆地催化丙酮酸和还原性辅酶Ⅰ转变为乳酸和氧化性辅酶Ⅰ，进而参加机体的能量代谢，因此，LDH 直接影响动物能量代谢过程，同时也是反映动物应激刺激重要指标[35]。试验牦牛血清 LDH 活性为 660.17~1 051.17 U/L，孙鹏飞等[36]试验结果表明，三江源区 1 岁放牧牦牛血清 LDH 活性为 528.33~1 118.80 U/L，处于正常范围内。本试验中，血清 LDH 活性从 9 月份至 11 月份为增高，11 月份至次年 2 月份为降低，这说明 11 月份至次年 2 月份牦牛的能量代谢逐渐降低，与平均日增重变化基本吻合，2 月份后血清 LDH 活性逐渐升高，说明随着温度的逐渐回升，牦牛能量代谢也逐渐升高，与平均日增重变化基本吻合。

ALT 和 AST 是存在于线粒体中的氨基酸转氨酶，是反映动物蛋白代谢及肝功能的有效指标，血清中 ALT 和 AST 活性的升高可作为动物机体出现异常的表现。本试验中，血清 ALT 与 AST 活性分别为 28.83~51.20 U/L、57.00~89.80 U/L，全年无明显变化规律，但 5 月份的血清 ALT 活性最低。郭峰等[37]研究营养水平对肉犊牛血清生化指标的影响时发现，高能量水平时血清 ALT 活性为 21.31~25.43 U/L，低能量水平时为 21.36~22.30 U/L，高能量水平时血清 AST 活性为 74.56~85.45 U/L，低能量水平时为 74.53~79.22 U/L。本试验中，血清 ALT 活性结果高于郭峰等[37]的研究结果，血清 AST 活性结果与其基本一致，这可能与牦牛蛋白质代谢有关，且与平均日增重变化不吻合，说明牦牛的蛋白质代谢受到了一定的负面影响。

Ca、P 是机体内构建骨骼的主要成分，对动物的生长发育有极其重要的作用。本试验发现，血清 Ca、P 含量分别为 2.20~2.59 mmol/L、1.73~2.88 mmol/L，全年基本稳定。孙鹏飞等[36]研究显示，1 岁牦牛血清 Ca、P 含量分别为 2.52~2.85 mmol/L、1.98~2.70 mmol/L，与本结果接近，且变化范围均较小。这可能是因为动物体内自身 Ca、P 调节系统的作用，该系统调节和控制着体内的 Ca、P 平衡[38]，使血清中的 Ca、P 含量能维持在一定的范围内，保持平衡。

3.5　血清生化指标与平均日增重的相关性

相关性分析表明，平均日增重与血清 UN 含量呈显著的正相关，与其他指标均无显著相关性。龙瑞军[39]在研究母牦牛体重(估算值)与血清生化指标的关系时发现，体重与血清 TP、ALB 含量呈极显著正相关，而与血清 UN 含量呈极显著负相关。本试验结果与其不一致，这可能是由于放牧状态牦牛在牧草营养供给相对足够的情况下，牦牛蛋白质代谢水平升高，使尿素的生成过剩。王敏强等[29]研究青年牦牛血清蛋白质代谢物含量的消长动态时，血清 UN 含量与平均日增重呈极显著正相关。本试验结果与其不一致，但与暖季增重期 6 月份、7 月份血清 UN 含量较高，及冷季体重损失期 3 月份、11 月份血清 UN 含量较低的结果吻合。程发祥等[30]研究表明，在羔羊血清 ALP 活性随增重加快而不同程度地增加。杨华等[40]研究指出，血清 ALP 活性与平均日增重呈正相关关系，其结果不一致。这可能由于放牧状态下，环境温度、海拔及牦牛对牧草的采食及消化代谢有关。且为不断提高青藏高原牦牛产业，更系统、深入地研究牦牛，更合理地指导牧民和养殖户，使牦牛养殖达到理想最佳水平，影响

放牧牦牛的不同海拔、土壤、草地等还待更进一步全面、系统的研究。

3.6 青海省海晏县放牧牦牛添补建议

青藏高原的放牧模式逐渐改变为冬季牧场与夏季牧场轮牧式放牧，既缓解了草地压力也逐渐提高了畜牧业水平。从全年牦牛营养状况来看，青海省海晏县 10 月份至次年 3 月份为饲草供给绝对不足期，牦牛平均日增重呈现负增长，4 月份后平均日增重逐渐上升，考虑牦牛产业经济效益最大化，以期不断提高青藏高原的牦牛牧业水平，提升牧区经济发展，建议轮牧放牧形式下，10 月份至次年 3 月份，牧民和养殖户等可采用天然草场配合补饲饲料，缓解草地压力的同时实现天然草地生态与畜牧业的经济共赢，使牦牛养殖达到理想最佳水平。

4 结 论

青海省海晏县 10 月份至次年 3 月份为饲草供给不足，牦牛平均日增重呈现负增长，4 月份后平均日增重逐渐上升，因此，建议轮牧的放牧形式下，10 月份至次年 3 月份，采用天然草场配合补饲饲料的饲养方式。

参考文献:

[1] 郭宪,阎萍,梁春年,等.中国牦牛业发展现状及对策分析[J].中国牛业科学,2009,35(2):55–57.

[2] 卢福山,张才骏.高原型牦牛 8 项血液指标的测定[J].青海畜牧兽医杂志,2006,36(4):3–4.

[3] 李莉,马森,马凤莲,等.青海互助白牦牛 14 项血清生化指标测定[J].青海畜牧兽医学院学报,1995,12(2):22–24,27.

[4] 钟光辉,文勇立,刘成烈,等.九龙牦牛生理生化指标的测定[J].西南民族学院学报:自然科学版,1995,21(2):168–172.

[5] 周名海.牦牛业的现状及发展途径[J].四川草原,1990(2):43–48.

[6] 李启良.海晏县气候条件与牧草生长的关系分析[J].黑龙江畜牧兽医,2009(10):53–54.

[7] 易现峰,贲桂英,师生波,等.高寒草甸矮嵩草种群光合作用及群落生长季节变化[J].中国草地,2000,15(1):12–15.

[8] 李英年.高寒草甸地区冷季水分资源及对牧草产量的可能影响[J].草业学报,2001,10(3):15–20.

[9] 许志信,曲永全,白飞.草甸草原 12 种牧草生长发育规律和草群地上生物量变化动态研究[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2001,22(2):28–32.

[10] 杜雪燕,柴沙驼,王迅,等.河南县高山嵩草草地牧草营养价值与载畜量研究[J].河南农业科学,2015,44(11):141–146.

[11] 许涛,祁娟,蒲小鹏,等.甘南玛曲七种主要饲草营养价值比较[J].中国草地学报,2012,34(3):113–116.

[12] 朱新书,王宏博,包鹏甲,等.甘南亚高山草原牧草产量及其营养成分变化研究[J].中国草食动物科学,2014,34(6):41–42,55.

[13] 吴伟生,郑群英,刘刚,等.应用粪氮指数法检测青藏高原草甸区成年母牦牛青草期放牧采食量[J].家畜生态学报,2015,36(7):33.

[14] CHACON E,STOBBS T H.Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle[J].Australian Journal of Agricultural Research,1976,27(5):709–727.

[15] FINCH V A.Heat as a stress factor in herbivores under tropical conditions[C]//GILCHRIST F M C,MACKIE R I.Herbivore nutrition in the subtropics and tropics.Craigh all,South Africa:Science Press,1984:89–104.

[16] 赵新全,张耀生,周兴民.高寒草甸畜牧业可持续发展:理论与实践[J].资源科学,2000,22(4):50–61.

[17] REVELL D K,WILLIAMS I H.A review-physiological control and manipulation of voluntary food in take[C]//BATTERHAM E S.Manipulating pig production (MPP) Ⅳ.Australia:Australasian Pig Science Association,1993.55-80.

[18] 薛白,赵新全,张耀生.青藏高原天然草场放牧家畜的采食量动态研究[J].家畜生态,2004,25(4):21–25.

[19] FREER M.The control of food intake by grazing animals[M]//MORLEY F H W.Grazing animals.Amsterdam:Elsevier,1981:105–124.

[20] 胡令浩.牦牛营养研究论文集[M].西宁:青海人民出版社,1999.

[21] 胡令浩,谢敖云,韩兴泰,等.不同海拔高度下生长牦牛绝食代谢的研究[J].青海畜牧兽医

杂志,1992,22(2):1–5.

[22] 韩兴泰,胡令浩,谢敖云.生长牦牛和生长黄牛不同运动量的能量代谢研究[J].青海畜牧兽医杂志,1989(5):8–10.

[23] 崔祥.日粮能量水平对 4~6 月龄犊牛生长、消化代谢及瘤胃内环境的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014.

[24] PERKINS K H,VANDEHAAR M J,TEMPELMAN R J,et al.Negative energy balance does not decrease expression of leukocyte adhesion or antigen-presenting molecules in cattle[J].Journal of Dairy Science,2001,84(2):421–428.

[25] 张祥.不同乳铁蛋白含量的代乳粉对犊牛生长发育的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2007.

[26] 景缘,余群力,韩玲,等.青海大通犊牦牛肉食用品质与血清生化指标的相关性分析[J].食品科学,2013,34(7):38–41.

[27] VICARI T,VAN DEN BORNE J,GERRITS W J J,et al.Postprandial blood hormone and metabolite concentrations influenced by feeding frequency and feeding level in veal calves[J].Domestic Animal Endocrinology,2008,34(1):74–88.

[28] 李鹏,余群力,王存堂.对甘南牦牛血清生化指标的测定[J].山地农业生物学报,2007,26(4):362–364.

[29] 王敏强,李萍莉,田永强,等.大通牦牛血清蛋白质代谢物浓度动态研究[J].中国草食动物,2005(Z2):148–150.

[30] 程发祥,贾帅兵,张浩,等.暖季放牧条件下羔羊 15 种血清生化指标与体重变化关系的研究[J].中国畜牧兽医,2009,36(7):56.

[31] 许先查,王建红,刁其玉,等.代乳粉的饲喂水平对犊牛消化代谢及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(4):654-661.

[32] 段迎凯,蒋洪文,薛白,等.瘤胃灌注不同来源淀粉对牦牛瘤胃发酵及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2012,24(8):1484–1492.

[33] BLOME R M,DRACKLEY J K,MCKEITH F K,et al.Growth,nutrient utilization,and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of

protein[J].Journal of Animal Science,2003,81(6):1641–1655.

[34] 刘长英.甘南藏羊肉用品质及血液生化指标的研究[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2007.

[35] 沈明华.玛多牦牛红细胞血清及组织中乳酸脱氢酶活性的测定[J].中国兽医杂志,2005,41(7):16.

[36] 孙鹏飞,刘书杰,崔占鸿.暖季补饲精料对三江源区 1 岁放牧牦牛生长速度的影响[J].西北农业学报,2016,25(2):166–172.

[37] 郭峰,屠焰,杜红芳,等.营养水平对肉犊牛营养物质消化率和血清指标的影响[J].饲料工业,2015,36(21):48–53.

[38] 拜彬强,郝力壮,刘书杰,等.补饲维生素 D_3 调控牛肉嫩度的研究进展及其机制[J].动物营养学报,2015,27(1):37–42.

[39] 龙瑞军.高山草原放牧牦牛血清中几种营养代谢物的季节动态[D].博士学位论文.兰州:甘肃农业大学,1995.

[40] 杨华,傅衍,陈安国.猪血液生化指标与生产性能的关系[J].国外畜牧科技,2001,28(1):34–37.

Whole Year Detection of Body Weight and Serum Biochemical Indicators of Grazing Yaks in *Haiyan* County, *Qinghai* Province

FAN Xiaohong[1,2,3] YANG Deyu[1,2,3] HAO Lizhuang[1,2,3]* LIU Shujie[1,2,3]* CHAI Shatuo[1,2,3] NIU Jianzhang[1,2,3] WANG Xun[1,2,3]

(1. *State Key Laboratory of Plateau Ecology and Agriculture, Key Laboratory of Plateau Grazing Animal Nutrition and Feed Science of Qinghai Province, Xining* 810016, *China;* 2. *Qinghai Plateau Yak Research Center, Xining* 810016, *China*; 3. *Academy of Science and Veterinary Medicine of Qinghai University, Xining* 810016, *China*)

Abstract: This study aimed to explore the nutritional status of yaks in *Haiyan* county, the main yak grazing area in *Qinghai* province, to provided scientific basis for the formulation of targeted

---

*Corresponding authors: HAO Lizhuang, associate professor, E-mail: lizhuanghao1122@foxmail.com；LIU Shujie， professor, E-mail： mkylshj@126.com (责任编辑　王智航)

supplement measures. The natural forage yield, and dry matter intake, body weight and serum biochemical indicators of grazing yaks in *Haiyan* county, *Qinghai* province were determined in September 2015 to August 2016, and the correlation between average daily gain and serum biochemical indictors was analyzed. The results showed as follows: edible grass yield of natural pasture was higher in July than in other months; dry matter intake of grazing yaks was significantly higher in spring than in autumn and winter, and autumn was significantly lower than other seasons (P<0.05); average daily gain was negatively increased in January, February, March, October, November and December, after April, it was increased gradually, and June and July were significantly higher than other months (P<0.05); serum glucose (GLU) was significantly higher in July than in other months except June and October (P <0.05)； serum alkaline phosphatase (ALP) activity and urea nitrogen (UN) content were lower in February and March than in other months； the correlation results showed that average daily gain had significant positive correlation with serum UN content (P<0.05). In conclusion, natural forage in October to March of the next year in *Haiyan* county, *Qinghai* province is undersupply, average daily gain of yaks is negatively increased, and is gradually increased after April, so it is suggested that under the condition of rotation grazing, feeding mode of natural forage combined with feed supplementation can be applied in October to March of the next year.

Key words: *Haiyan* county; yak; dry matter feed intake; average daily gain; serum biochemical indicator; dynamic change